



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0150**

Interakcie arbuskulárnych mykoríznych húb s rastlinami v stresových podmienkach a ich potenciál pri fytoimediačných metódach

Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Martina Hudcovicová, PhD.**

Príjemca **Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav rastlinnej výroby**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby
Piešťany (NPPC VÚRV)
Fakulta prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave (FPV UCM)
Prírodovedcká fakulta/Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave (Príf/LF UK)

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Nie je relevantné

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Nie je relevantné

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Dulanská S, Gomola I, Horník M a kol. (2022): Uptake and distribution of radiostrontium in tomato treated with arbuscular mycorrhizal fungi. In: Radiation Protection Dosimetry, Volume 198, Issue 9-11, August 2022, Pages 720–725, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncac125>
2. Ondreičková K, Gubišová M, Hrková K, Hudcovicová M, Horník M, Dulanská S, Gubiš J (2022): Influence of inoculation and drought on the diversity of fungal communities in the roots of tomato plants. In: Nova Biotechnologica Et Chimica, 21(1), e1387. <https://doi.org/10.36547/nbc.1387>
3. Piliarová M, Ondreičková K, Hudcovicová M, Mihálik D, Kraic J (2019): Arbuscular mycorrhizal fungi – their life and function in ecosystem. In: Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 65, 2019, no. 1, pp. 3-15, DOI: 10.2478/agri-2019-0001
4. Ondreičková K, Gubišová M, Piliarová M, Horník M, Matušinský P, Gubiš J, Klčová L, Hudcovicová M, Kraic J (2019): Responses of Rhizosphere Fungal Communities to the Sewage Sludge Application into the Soil. In: Microorganisms 2019, 7, 505; doi:10.3390/microorganisms7110505
5. Ondreičková K, Piliarová M, Klčová L, Žofajová A, Gubiš J, Horník M, Gubišová M, Hudcovicová M, Kraic J (2021): The impact of sewage sludge on the fungal communities in the rhizosphere and roots of barley and on barley yield. In: Open Life Sciences, 16(1), 2021, s. 210-221. ISSN 2391-5412.

6. Hrčková K, Gubišová M, Gubiš J, Horník M, Hudcovicová M (2022): Zmeny v architektúre koreňovej sústavy rastlín rajčiaka jedlého po aplikácii arbuskulárnych mykoríznych húb v podmienkach stresu zo sucha. In: GRANT journal. - ISSN 1805-062X. - Roč.11, č.01 (2022), s. 106-109.
7. Ondreičková K, Hudcovicová M, Piliarová M, Žofajová A, Gubišová M, Gubis J (2019): Genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere and roots of agricultural plant. In Applied Natural Sciences 2019, Book of Abstracts of the 7th international scientific conference (Dirgová Luptáková I, Beňo M, eds), University of SS. Cyril and Methodius in Trnava, 25.-27.9.2019, p. 77, ISBN 978-80-572-0011-6.
8. Pastirčák M (2019): Endofytické huby na koreňoch rajčiaka jedlého (*Solanum lycopersicum*) na Slovensku. In: Spravodajca slovenskej mykologickej spoločnosti (50), p. 27-28, ISSN 1335-7689.
9. Pastirčák M, Pastirčáková K (2019): Fungi colonizing different parts of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) in Slovakia. In: Mieczko P. (ed.), Abstract Book, XVIII Congress of European Mycologists, 16-21 September 2019, Warsaw-Białowieża, Poland. Polish Mycological Society, Warsaw, p. 184, ISBN 978-83-940504-5-0.
10. Dulanská S, Gomola I, Mátel L, Gébeová K (2021): Príjem a distribúcia Sr-90 u rajčiaka jedlého ošetrovaného arbuskulárnymi mykorízными hubami, XLII. Dny radiační ochrany, sborník abstraktů, 8.-12. 11. 2021, ČVUT v Praze, s.46, ISBN 978-80-01-06915-8
11. Dulanská S, Mátel L, Pánik J (2022): Vplyv arbuskulárnych mykoríznych húb na translokáciu 133Ba v rastlinách rajčiaka. In: Kniha abstraktov - XLIII. Dni radiačnej ochrany v Starej Lesnej, ISBN: 978 - 80 - 89702 - 98 – 5. EAN: 9788089702985, s. 80.

Uplatnenie výsledkov projektu

V rámci monitoringu rajčiaka jedlého pestovaného v rôznych oblastiach na území Slovenska sme získali prehľad o výskyte jeho najdôležitejších prirodzených hubových patogénov. Huby *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum coccodes* a *Fusarium oxysporum* boli identifikované ako najvýznamnejší pôvodcovia hniloby a odumierania koreňov rajčiaka jedlého. Komplexné informácie o tejto problematike z nášho územia chýbali a výsledky projektu sú preto dôležité pre úspešnú aplikáciu princípov integrovanej ochrany rastlín, ktoré sa od roku 2021 začínajú intenzívnejšie presadzovať na území celej Európskej únie. Výsledky experimentov zameraných na štúdium vplyvu arbuskulárnych mykoríznych (AM) húb na reakciu rastlín rajčiaka jedlého na stres suchom ukázali, že inokulácia rastlín zmesou AM húb mala významný vplyv na štruktúru koreňovej sústavy rastlín. Kým v prípade neinokulovaných rastlín bol zaznamenaný vyšší podiel na úrovni sekundárnych koreňov prvého rádu, po aplikácii AM húb sa ťažisko presunulo na úroveň koreňov druhého rádu. Práve korene vyšších rádov sa podieľajú na absorpcii vody a živín rastlinami a majú potenciál ovplyvňovať produkciu biomasy. Výsledky experimentov zameraných na hodnotenie úlohy interakcie medzi AM hubami a rastlinami rajčiaka jedlého pri fytoremediácii pôd kontaminovaných ťažkými kovmi a rádionuklidmi ukázali, že prítomnosť symbiózy AMF a koreňového systému má vplyv na vyššiu akumuláciu kovov a rádionuklidov v koreňovom systéme a ich nižší prienik do nadzemných častí rastlín. Tento jav je možné vysvetliť na základe schopnosti AMF viazať ťažké kovy a rádionuklidy. Eventuálne je možné predpokladať, že AMF môžu mať aj stimulačný efekt z pohľadu vyššieho zapojenia obranných mechanizmov koreňového systému s cieľom minimalizácie prieniku ťažkých kovov a rádionuklidov do nadzemných častí rastlín, a tým minimalizovania vplyvu takýchto stresových faktorov na rast rastlín. Tieto poznatky sú zaujímavé nielen z pohľadu všeobecného štúdia vplyvu AM húb v koreňovom systéme rastlín na translokáciu významných mikroelementov alebo potenciálnych toxických kovov a rádionuklidov, ale aj z pohľadu využitia AMF vo fytoremediálnych technikách alebo pri pestovaní bezpečných potravín.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Hlavným cieľom projektu bolo posúdiť vplyv aplikácie arbuskulárnych mykoríznych (AM) húb do pôdy na rastliny ovplyvnené abiotickým stresom, ako je sucho a prítomnosť ťažkých kovov a rádionuklidov v pôde. Ako modelová rastlina pre experimenty bol vybraný rajčiak jedlý. V rokoch 2018-2020 sa využitím molekulárnej techniky T-RFLP hodnotila genetická diverzita spoločenstiev AM húb zo vzoriek rizosféry rajčiaka jedlého zozbieraných z rôznych

lokalít Slovenska. V roku 2018 sme detegovali 67 druhov AM húb, v roku 2019 to bolo 86 druhov a v roku 2020 len 59 druhov. V rámci monitoringu sme získali aj prehľad o výskyte prirodzených patogénov rajčiaka jedlého. Z koreňov rajčiaka boli najčastejšie izolované huby rodu *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Verticillium* a *Rhizoctonia*. Huby *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum coccodes* a *Fusarium oxysporum* boli identifikované ako pôvodcovia hniloby a odumierania koreňov. Experimenty zamerané na štúdium vplyvu AM húb na reakciu rastlín rajčiaka jedlého na stres suchom ukázali, že inokulácia mala významný vplyv na štruktúru koreňovej sústavy rastlín. Kým v prípade neinokulovaných rastlín bol zaznamenaný vyšší podiel sekundárnych koreňov prvého rádu, po aplikácii AM húb bol naopak vyšší podiel koreňov druhého rádu. Práve korene vyšších rádov sa podieľajú na absorpcii vody a živín rastlinami, čím ovplyvňujú produkciu biomasy. Čo sa týka rastových a produkčných parametrov rastlín, pri experimentoch nebol pozorovaný štatisticky významný vplyv nami aplikovanej zmesi AM húb na vyrovnávanie sa rastlín so stresom zo sucha. V týchto experimentoch sme zisťovali aj vplyv sucha na genetickú diverzitu AM húb priamo v koreňoch rajčiaka pomocou T-RFLP metódy, pričom PCA analýza získaných dát nepotvrdila vplyv sucha alebo inokula na genetickú diverzitu AM húb v koreňoch. Rovnako sekvenovaním pomocou prístroja MiSeq a následným porovnaním taxónov a ich frekvencie nebol na základe alfa diverzity detegovaný štatisticky významný vplyv sucha alebo inokulácie na diverzitu AM húb. Experiment zameraný na hodnotenie výskytu fytopatogénnych húb na listoch kontrolných a inokulovaných rastlín rajčiaka v poľných podmienkach ukázal, že všetky rastliny oboch variantov boli napadnuté hlavne hubou *Phytophthora infestans*, vrátane významného napadnutia plodov. Intenzívnejšie napadnutie bolo pri kontrolných rastlinách, avšak rozdiely neboli štatisticky významné. Pri sledovaní interakcie medzi AM hubami a rastlinami rajčiaka jedlého pri fyto-remediácii pôd kontaminovaných ťažkými kovmi (Cu a Zn) sme zistili, že inokulované rastliny vykazovali vyššiu akumuláciu Cu aj Zn v koreňovom systéme a nižší prienik do nadzemných častí rastliny (stoniek a listov) v porovnaní s kontrolou. Rovnako pri rastlinách pestovaných v pôde kontaminovanej vybranými rádionuklidmi (⁸⁵Sr, ¹³⁷Cs a ¹³³Ba) sa porovnaním translokačných faktorov (TF) zistila nižšia akumulácia rádionuklidov v nadzemnej časti rastlín inokulovaných AM hubami. Hodnota TF bola pri ošetrovaných rastlinách menšia ako 1, čo potvrdilo schopnosť mykoríznych húb spomaliť transport rádionuklidov do nadzemných častí. V porovnaní s kontrolnými rastlinami, bolo pri inokulovaných rastlinách o 30 % viac rádionuklidov zachytených koreňmi. Tieto poznatky sú zaujímavé a dôležité z pohľadu využitia AM húb vo fyto-remedičných technikách alebo pri pestovaní bezpečných potravín.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main objective of the project was to assess the effect of soil application of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on plants affected by abiotic stress such as drought and the presence of heavy metals and radionuclides in the soil. A tomato was chosen as a model plant for the experiments. In the years 2018-2020, the genetic diversity of AM fungal communities from tomato rhizosphere samples collected from various locations in Slovakia was evaluated using the T-RFLP molecular technique. In 2018, we detected 67 species of AM fungi, in 2019 there were 86 species, and in 2020 only 59 species. As part of the monitoring, we also obtained an overview of the occurrence of natural pathogens of the tomato. Fungi of the genus *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Verticillium* and *Rhizoctonia* were most often isolated from tomato roots. The fungi *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum coccodes* and *Fusarium oxysporum* have been identified as causes of root rot and dieback. Experiments aimed at studying the effect of AM fungi on the response of tomato plants to drought stress showed that inoculation had a significant effect on the structure of the plant's root system. While in the case of non-inoculated plants, a higher proportion of secondary roots of the first order was recorded, after the application of AM fungi, on the contrary, there was a higher proportion of second order roots. These are the roots of higher orders that participate in the absorption of water and nutrients by plants, thereby influencing the production of biomass. Regarding the growth and production parameters of the plants, no statistically significant effect of the AM fungi mixture applied by us on the adaptation of the plants to drought stress was observed in the experiments. In these experiments, we also determined the effect of drought on the genetic diversity of AM fungi directly in tomato roots using the T-RFLP method, while PCA analysis of the obtained

data did not confirm the effect of drought or inoculum on the genetic diversity of AM fungi in the roots. Similarly, by sequencing using the MiSeq device and subsequent comparison of taxa and their frequency, no statistically significant effect of drought or inoculation on the diversity of AM fungi was detected on the basis of alpha diversity. An experiment aimed at evaluating the occurrence of phytopathogenic fungi on the leaves of control and inoculated tomato plants in field conditions showed that all plants of both variants were attacked mainly by the fungus *Phytophthora infestans*, including a significant attack on fruits. The control plants were attacked more intensively, but the differences were not statistically significant. When monitoring the interaction between AM fungi and tomato plants in the phytoremediation of soils contaminated with heavy metals (Cu and Zn), we found that the inoculated plants showed a higher accumulation of both Cu and Zn in the root system and a lower penetration into the aerial parts of the plant (stems and leaves) compared to with control. Similarly, in plants grown in soil contaminated with selected radionuclides (^{85}Sr , ^{137}Cs and ^{133}Ba), a comparison of translocation factors (TF) revealed a lower accumulation of radionuclides in the aerial part of plants inoculated with AM fungi. The TF value was less than 1 in the treated plants, which confirmed the ability of mycorrhizal fungi to slow down the transport of radionuclides to the above-ground parts. Compared to the control plants, 30% more radionuclides were taken up by the roots of the inoculated plants. These findings are interesting and important from the point of view of the use of AM fungi in phytoremediation techniques or in the cultivation of safe foods.